

#3
ans
drawn

U1040 U.S. PTO
09/834085
04/11/01

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:
Yoshihiro Nishiyama et al.
Serial No. To Be Assigned
Filing Date: Herewith
For: Thin Film Magnetic Head
Comprising SiON Film and
Manufacturing Method Therefor

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2000-111702, filed April 13, 2000 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,

Gustavo Siller, Jr.
Registration No. 32,305
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

11040 U.S. PTO
09/834085
04/11/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 4月13日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-111702

出 願 人
Applicant(s):

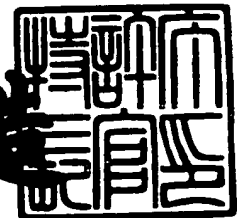
アルプス電気株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3016843

【書類名】 特許願

【整理番号】 991354AL

【提出日】 平成12年 4月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/127

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

【請求項の数】 15

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 西山 義弘

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 早川 康男

【特許出願人】

 【識別番号】 000010098

 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

 【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

 【識別番号】 100085453

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 041070

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

特 2000-111702

【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 磁性材料性のコアとコアとの対向面に絶縁性のギャップ層が設けられ、前記コアに記録磁界を誘導するコイルが設けられた記録用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層が、SiON膜によって形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 外部磁界の影響で電気抵抗が変化することにより記録信号を検出することが可能な磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下にギャップ層を介して形成されたシールド層とを有する再生用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層のうち少なくとも一層は、SiON膜によって形成されていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記ギャップ層のヤング率Eは、 $E > 123.2 \text{ (GPa)}$ である請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記SiON膜のNの原子%は、 $0 \text{ (at\%)} < \text{N原子\%} \leq 6 \text{ (at\%)}$ である請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記ギャップ層のヤング率Eが、 $E \geq 127.4 \text{ (GPa)}$ である請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記SiON膜のNの原子%は、 $1 \text{ (at\%)} \leq \text{N原子\%} \leq 6 \text{ (at\%)}$ である請求項 5 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 磁性材料性のコアとコアとの対向面に絶縁性のギャップ層が設けられ、前記コアに記録磁界を誘導するコイルが設けられた記録用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層が、SiO₂膜によって形成され、前記ギャップ層のヤング率Eが、 $E > 123.2 \text{ (GPa)}$ であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 外部磁界の影響で電気抵抗が変化することにより記録信号を検出することが可能な磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下にギャ

ップ層を介して形成されたシールド層とを有する再生用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層のうち少なくとも一層は、 SiO_2 膜によって形成され、前記ギャップ層のヤング率 E が、 $E > 123.2 \text{ (GPa)}$ であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記ギャップ層のヤング率 E が、 $E \geq 127.4 \text{ (GPa)}$ である請求項 7 または 8 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 成膜装置内に、ターゲットと、前記ターゲットと対向する基板を配置し、前記基板上に請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載された薄膜磁気ヘッドを成膜する製造方法において、

前記薄膜磁気ヘッドのギャップ層を形成するときに、 SiO_2 から成る前記ターゲットを用意し、スパッタガスの一つとして N_2 ガスを前記装置内に流入させながら前記ターゲットをスパッタすることで、前記ギャップ層を SiON 膜で形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 11】 前記スパッタガス中に占める前記 N_2 ガスの流量比は $0\% < \text{N}_2 \text{ ガス流量比} \leq 30\%$ である請求項 10 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記 N_2 ガスの流量比は、 $5\% \leq \text{N}_2 \text{ ガス流量比} \leq 30\%$ である請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 前記ギャップ層の形成のとき、前記基板側にバイアス電力を供給する請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 成膜装置内に、ターゲットと、前記ターゲットと対向する基板を配置し、前記基板上に請求項 7 ないし請求項 9 のいずれかに記載された薄膜磁気ヘッドを成膜する製造方法において、

前記薄膜磁気ヘッドのギャップ層を形成するときに、 SiO_2 から成る前記ターゲットを用意し、前記基板側にバイアス電力を供給しながら前記ターゲットをスパッタすることで、前記ギャップ層を、ヤング率 E が $E > 123.2 \text{ (GPa)}$ の SiO_2 膜によって形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 15】 前記バイアス電力は 10 W 以上である請求項 14 記載の薄

膜磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、浮上型の薄膜磁気ヘッドスライダに設けられる例えば記録用ヘッドと再生用ヘッドとの複合型薄膜磁気ヘッドに係り、特にギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量を従来に比べて抑制することが可能な薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

図11は、従来の薄膜磁気ヘッドの縦断面図である。

【0003】

この薄膜磁気ヘッドは、例えば浮上式ヘッドを構成するスライダのトレーリング側端面に磁気抵抗効果を利用した再生用ヘッド（MRヘッド）h1と、記録用のインダクティブヘッドh2とが積層されている。

【0004】

再生用ヘッドh1では、センダストやNiFe合金（パーマロイ）などにより形成された下部シールド層1上に、 Al_2O_3 （アルミナ）などの非磁性材料による下部ギャップ層が形成され、その上に磁気抵抗効果素子2が成膜されている。前記磁気抵抗効果素子2は、例えばスピナルブ型磁気抵抗効果素子に代表されるGMR素子やあるいはAMR素子であり、記録媒体からの外部磁界の影響を受けて電気抵抗が変化し、これによって記録信号を再生できるようになっている。

【0005】

前記磁気抵抗効果素子2の上には、アルミナなどの非磁性材料による上部ギャップ層が形成され、さらに前記上部ギャップ層の上に、磁性材料製の下部コア層3がメッキ形成されている。

【0006】

前記下部コア層3の上には、 Ta_2O_5 や SiO_2 で形成されたギャップ層9が形成されており、前記ギャップ層9の上に有機絶縁材料などで形成された絶縁層

5を介してコイル層6が螺旋状にパターン形成されている。前記コイル層6の上には、有機絶縁材料などで形成された絶縁層7が形成され、前記絶縁層7の上に磁性材料で形成された上部コア層8がパターン形成されている。

【0007】

図11に示すように前記上部コア層8の先端部8aは、記録媒体との対向面にて、下部コア層3上にギャップ層9を介して対向し、基端部8bは下部コア層3上に磁氣的に接続されている。

【0008】

図11に示す薄膜磁気ヘッドの製造では、 Al_2O_3-TiC （アルミナチタンカーバイト）で形成された薄膜磁気ヘッドスライダのトレーリング側端面に、図11に示す薄膜磁気ヘッドを成膜した後、記録媒体との対向面をラップ加工するなどして前記薄膜磁気ヘッドスライダの加工工程が行なわれる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところで上記したように従来では、下部コア層3と上部コア層8間に介在するギャップ層9は Ta_2O_5 膜や SiO_2 膜で形成されていた。その理由は、図11に示す上部コア層8を形成後、インダクティブヘッドh2から記録媒体に記録信号が書き込まれるときにサイドフリンジングが発生しないよう、前記上部コア層8及び下部コア層3に対しトリミング工程が行なわれるが、このとき前記ギャップ層9を SiO_2 膜で形成すると、反応性イオンエッチングにより余分なギャップ層9を適切に除去でき、適切なトリミングを行うことが可能だからである。

【0010】

しかしながら前記ギャップ層9を Ta_2O_5 膜や SiO_2 膜で形成すると以下のような問題が発生することがわかった。

【0011】

Ta_2O_5 膜や SiO_2 膜は、磁性材料で形成された下部コア層3及び上部コア層8に比べて弾性率が低いために、上記した薄膜磁気ヘッドスライダの加工工程において、記録媒体との対向面をラップ加工している最中、前記ギャップ層9は、前記対向面よりもハイト方向（図示Y方向）に押し込められた状態で、他の層

(コア層 3, 8 等) の前記対向面が削られていく。

【 0 0 1 2 】

したがって、前記ラップ工程を終了すると、ハイト方向に押し込められていたギャップ層 9 は復元力によって記録媒体との対向面よりも記録媒体側 (図示 Y 方向と反対方向) に突き出してしまう。

【 0 0 1 3 】

前記突き出し量 T_1 は、数 nm ~ 十数 nm 程度であるが、このようなギャップ層 9 の突き出しの問題は、特に今後の高記録密度化において、益々薄膜磁気ヘッドスライダと記録媒体間の浮上量が小さくなると、前記ギャップ層 9 の突き出した部分が前記記録媒体に衝突する可能性が高まってしまう。このため前記ギャップ層 9 をできる限り記録媒体との対向面から突き出さないようにする必要性が生じる。

【 0 0 1 4 】

本発明は上記問題点を解決するためのものであり、特にギャップ層の材質あるいはヤング率を適切に調整することで、ギャップ層の突き出し量を従来に比べて小さくすることができる薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、磁性材料性のコアとコアとの対向面に絶縁性のギャップ層が設けられ、前記コアに記録磁界を誘導するコイルが設けられた記録用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層が、 $SiON$ 膜によって形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

従来では記録用のインダクティブヘッドのギャップ層は SiO_2 膜により形成されていたが、本発明では、 SiO_2 膜よりも弾性率の高い SiN 膜の存在に鑑み、前記ギャップ層を Si と O と N からなる $SiON$ 膜で形成した。なお SiN 膜を一般的にギャップ層として使用しない (使用できない) 理由は、通常のスパ

ッタ法では基板昇温等の工夫が必要であり、作製が困難だからである。後述する実験結果からわかるように、前記SiON膜はSiO₂膜に比べてヤング率が上昇し、前記SiON膜をギャップ層として使用すると、記録媒体との対向面からのギャップ層の突き出し量を従来に比べて減少させることが可能となった。

【0017】

これによって薄膜磁気ヘッドスライダと記録媒体間の浮上量が小さくなっても、前記薄膜磁気ヘッドスライダの記録媒体への衝突を適切に回避することが可能である。

【0018】

また本発明は、外部磁界の影響で電気抵抗が変化することにより記録信号を検出することが可能な磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下にギャップ層を介して形成されたシールド層とを有する再生用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層のうち少なくとも一層は、SiON膜によって形成されていることを特徴とするものである。

【0019】

これによって、再生用ヘッド側におけるギャップ層の前記対向面からの突き出しを抑制することが可能になる。

【0020】

また本発明では、前記ギャップ層のヤング率Eは、 $E > 123.2$ (GPa)であることが好ましい。これによって従来よりもギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量を小さくすることができ、具体的には前記突き出し量を3.5 nmよりも小さく抑えることができる。

【0021】

なおこのとき、前記SiON膜のNの原子%は、 $0 \text{ (at\%)} < \text{N原子\%} \leq 6 \text{ (at\%)}$ であることが好ましい。Nの原子%が上記範囲内であると、ギャップ層のヤング率を、 123.2 (GPa)よりも大きくすることが可能である。

【0022】

また本発明では、前記ギャップ層のヤング率Eは、 $E \geq 127.4$ (GPa)

であることがより好ましい。これによって従来よりもギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量をさらに小さくすることができ、具体的には前記突き出し量を 3.0 nm 以下に抑えることができる。

【0023】

なおこのとき、前記 SiON 膜の N の原子%は、 $1(\text{at}\%) \leq N\text{原子}\% \leq 6(\text{at}\%)$ であることが好ましい。 N の原子%が上記範囲内であると、ギャップ層のヤング率を、 $127.4(\text{GPa})$ 以上にすることができる。

【0024】

また本発明は、磁性材料性のコアとコアとの対向面に絶縁性のギャップ層が設けられ、前記コアに記録磁界を誘導するコイルが設けられた記録用の薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記ギャップ層が、 SiO_2 膜によって形成され、前記ギャップ層のヤング率 E が、 $E > 123.2(\text{GPa})$ であることを特徴とするものである。

【0025】

このように本発明では、ギャップ層として従来から使用されている SiO_2 膜を使用することが可能であるが、それにはヤング率 E が、 $123.2(\text{GPa})$ よりも大きいという条件がつけられる。

【0026】

前記ギャップ層のヤング率 E を、 $123.2(\text{GPa})$ よりも大きくすれば、前記ギャップ層として SiO_2 膜を使用した場合でも、適切に前記ギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量を減少させることができ、具体的には前記突き出し量を 3.5 nm よりも小さく抑えることができる。

【0027】

なお前記ギャップ層を SiO_2 膜で形成するとき、ヤング率 E を $123.2(\text{GPa})$ よりも大きくするには、後述する製造方法を使用する必要がある。

【0028】

また本発明は、外部磁界の影響で電気抵抗が変化することにより記録信号を検出することが可能な磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下にギャップ層を介して形成されたシールド層とを有する再生用の薄膜磁気ヘッドにおいて

前記ギャップ層のうち少なくとも一層は、 SiO_2 膜によって形成され、前記ギャップ層のヤング率 E が、 $E > 123.2 \text{ (GPa)}$ であることを特徴とするものである。

【0029】

これによって、再生用ヘッドにおけるギャップ層の突き出しを抑制することが可能である。

【0030】

また本発明では、前記ギャップ層のヤング率 E は、 $E \geq 127.4 \text{ (GPa)}$ であることがより好ましい。これによって、より適切に前記ギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量を減少させることができ、具体的には前記突き出し量を 3.0 nm 以下に抑えることができる。

【0031】

また本発明は、成膜装置内に、ターゲットと、前記ターゲットと対向する基板を配置し、前記基板上に上記したギャップ層が SiON 膜で形成される薄膜磁気ヘッドを成膜する製造方法において、

前記薄膜磁気ヘッドのギャップ層を形成するときに、 SiO_2 から成る前記ターゲットを用意し、スパッタガスの一つとして N_2 ガスを前記装置内に流入させながら前記ターゲットをスパッタすることで、前記ギャップ層を SiON 膜で形成することを特徴とするものである。

【0032】

このように本発明では、従来から使用されている SiO_2 ターゲットを用いることができ、スパッタガスの一つとして N_2 ガスを用いるだけで、ギャップ層を SiON 膜により形成することができ、製造工程が非常に容易でしかも再現性に優れている。

【0033】

また本発明では、前記スパッタガス中に占める前記 N_2 ガスの流量比は $0\% < \text{N}_2 \text{ガス流量比} \leq 30\%$ であることが好ましい。このように本発明では、 N_2 ガスの流量比を、上記範囲内において自由に設定することができ、 N_2 ガスの流量比

の制御を行いやすい。なお前記 N_2 ガスの流量比を30%以下としたのは、前記流量比が30%を越えると、 $SiON$ 膜のヤング率 E が低下し始めるからである。

【0034】

また本発明では、前記 N_2 ガスの流量比は、 $5\% \leq N_2$ ガス流量比 $\leq 30\%$ であることが好ましい。これによって前記ギャップ層のヤング率 E を、127.4 (GPa)以上にすることができる。

【0035】

また本発明では、前記ギャップ層の形成のとき、前記基板側にバイアス電力を供給することが好ましい。バイアス電力の供給により、 $SiON$ 膜のヤング率を向上させることができることが後述する実験により確認されている。

【0036】

このようにバイアス電流を供給することでヤング率 E が向上するのは、 $SiON$ 膜の原子配列が最密化方向に向かうためであると考えられる。

【0037】

また本発明は、成膜装置内に、ターゲットと、前記ターゲットと対向する基板を配置し、前記基板上に上記したギャップ層が SiO_2 膜で形成される薄膜磁気ヘッドを成膜する製造方法において、

前記薄膜磁気ヘッドのギャップ層を形成するときに、 SiO_2 から成る前記ターゲットを用意し、前記基板側にバイアス電力を供給しながら前記ターゲットをスパッタすることで、前記ギャップ層を、ヤング率 E が $E > 123.2$ (GPa)の SiO_2 膜によって形成することを特徴とするものである。

【0038】

本発明では、上記のようにギャップ層を SiO_2 膜で形成することが可能であるが、成膜の際に、基板側にバイアス電力を供給することが条件とされ、これによって SiO_2 膜のヤング率 E を、123.2 (GPa)よりも大きくすることができる。

【0039】

なお本発明では、従来から使用されている SiO_2 ターゲットをそのまま使用

することができ、また成膜の際に基板にバイアス電力を供給するだけなので、製造工程も容易でしかも再現性に優れている。

【 0 0 4 0 】

また本発明では、前記バイアス電力は 1 0 W 以上であることがより好ましい。これによって前記 SiO_2 膜のヤング率 E を、1 2 7 . 4 (G P a) 以上にすることができる。

【 0 0 4 1 】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の薄膜磁気ヘッドスライダの斜視図、図 2 はスライダバーの斜視図である。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示した基板 2 0 は、アルミナ・チタンカーバイド、または Si (シリコン) などのセラミック材料により形成されており、記録媒体であるハードディスクとの対向部にエアグループ 2 1 が形成され、その両側にレール部 2 2 , 2 2 が形成されている。

【 0 0 4 3 】

図 1 に示すように、前記レール部 2 2 , 2 2 は所定のクラウン形状で形成されており、前記レール部 2 2 , 2 2 の表面は、記録媒体との対向面 (A B S 面 ; 浮上面) 2 3 , 2 3 となっている。また、前記レール部 2 2 , 2 2 のリーディング側端面 C には傾斜部 2 4 , 2 4 が形成されている。

【 0 0 4 4 】

基板 2 0 のトレーリング側端面 D には、薄膜磁気ヘッド 2 5 が設けられている。前記薄膜磁気ヘッド 2 5 は、AMR 素子やスピバルブ型薄膜素子などの磁気抵抗効果素子を有する再生用の MR ヘッドと、磁性材料のコアとコイルとで形成される記録用のインダクティブヘッドとが積層されたものである。

【 0 0 4 5 】

前記磁気抵抗効果素子は、AMR (anisotropic magnetoresistive) 素子やスピバルブ膜に代表される GMR (giant magnetoresistive) 素子から成り、記録媒体からの外部磁界を電気抵抗変化としてとらえ、電圧変化として記録信号を

検出する。

【 0 0 4 6 】

また図 1 に示すように、基板 2 0 のトレーリング側端面 D には、薄膜磁気ヘッド 2 5 から引き出された薄膜による電極端子部 2 6 が形成されている。

【 0 0 4 7 】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 は、その下面側、すなわち記録媒体との対向面 2 3 の逆面側に、板ばね材料で形成されたフレキシャやロードビームによる支持部材が取付けられ、前記支持部材の基端（マウント部）がハードディスク装置の所定箇所に取付けられる。

【 0 0 4 8 】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 を搭載した薄膜磁気ヘッド装置は、C S S 方式などによって作動するものであり、前記薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 が記録媒体から一定量浮上した状態で、薄膜磁気ヘッド 2 5 による記録・再生が行われる。前記浮上量は 1 0 n m 程度、あるいは今後の高記録密度化にともない、さらに前記浮上量は小さくなるものと考えられる。

【 0 0 4 9 】

図 1 に示す薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 は、図 2 に示す薄膜磁気ヘッド 2 5 が一列に複数個パターン形成されたスライダバー 3 7 から形成される。

【 0 0 5 0 】

前記スライダバー 3 7 を形成した後、前記スライダバー 3 7 の記録媒体との対向面 2 7 をラップ加工し、その後、各薄膜磁気ヘッド 2 5 間からスライダバー 3 7 を切断して図 1 に示す薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 を製造する。

【 0 0 5 1 】

次に前記薄膜磁気ヘッド 2 5 の構成について以下に説明する。図 3 は本発明における薄膜磁気ヘッドの構造を記録媒体との対向面側から見た部分正面図、図 4 は、図 3 に示す 4 - 4 線から薄膜磁気ヘッドを切断した部分断面図である。

【 0 0 5 2 】

図 3 及び図 4 に示す薄膜磁気ヘッドは、再生用ヘッド（MR ヘッド）h 1 と、記録用のインダクティブヘッド h 2 とが積層された、いわば複合型の薄膜磁気ヘ

ッドである。

【0053】

再生用ヘッドh1は、磁気抵抗効果を利用してハードディスクなどの記録媒体からの洩れ磁界を検出し、記録信号を読み取るものである。符号10は、磁性材料で形成された下部シールド層10である。

【0054】

前記下部シールド層10の上には、非磁性材料により形成された下部ギャップ層12が形成されている。さらに前記下部ギャップ層12の上には、記録媒体からの外部磁界の影響を受け、電気抵抗が変化することによって記録信号を検出する磁気抵抗効果素子13が形成されている。符号14はハードバイアス層であり、符号15は前記磁気抵抗効果素子13にセンス電流を供給するための電極層である。

【0055】

図3に示すように、前記磁気抵抗効果素子13の上には、非磁性材料により形成された上部ギャップ層16が形成され、さらに前記上部ギャップ層16の上にはパーマロイなどの磁性材料で形成された下部コア層17が形成されている。

【0056】

この実施例では前記下部コア層17が、MRヘッドh1の上部シールド層としての機能と、インダクティブヘッドh2のコア層としての機能の双方を兼ね備える。ただし前記上部シールド層とコア層とが別々に形成されていてもかまわない。

【0057】

図4に示すように、前記下部コア層17の上には、非磁性材料のギャップ層18が形成されている。さらに前記ギャップ層18の上にはレジストやポリイミド等の有機絶縁材料によって形成された絶縁層19を介して螺旋状にパターン形成されたコイル層40が形成されている。前記コイル層40の上には、レジストやポリイミドなどの有機絶縁材料により形成された絶縁層41が形成され、前記絶縁層41の上にはパーマロイ等の磁性材料により形成された上部コア層42がパターン形成されている。前記上部コア層42の上には Al_2O_3 等で形成された保

護層 4 3 が形成されている。

【 0 0 5 8 】

前記上部コア層 4 2 は図 4 に示すように、その先端部 4 2 a が記録媒体との対向面 5 にて下部コア層 1 7 上にギャップ層 1 8 を介して対向している。また前記上部コア層 4 2 の基端部 4 2 b は、下部コア層 1 7 上に磁氣的に接続されている。

【 0 0 5 9 】

また図 3 に示すように、上部コア層 4 2 のトラック幅方向（図示 X 方向）における幅寸法はトラック幅 T_w で形成され、ギャップ層 1 8 のトラック幅方向における幅寸法も同様にトラック幅 T_w で形成されている。

【 0 0 6 0 】

また図 3 に示すように、下部コア層 1 7 には、上部コア層 4 2 とギャップ層 1 8 を介して対向する位置に突出部 1 7 b が形成され、前記突出部 1 7 の基端からは、前記上部コア層 4 2 から離れる方向に傾斜する傾斜面 1 7 a、1 7 a が形成されている。

【 0 0 6 1 】

図 3 に示すように、ギャップ層 1 8 をトラック幅 T_w で形成し、さらに下部コア層 1 7 に突出部 1 7 b 及び傾斜面 1 7 a を形成するには、トリミング工程を施す必要がある。このトリミング工程を施すことによって形成された図 3 に示す薄膜磁気ヘッドを使用すれば、記録媒体への記録時にサイドフリンジングが発生しにくく好ましい。

【 0 0 6 2 】

ところで本発明では、ギャップ層 1 8 を SiON 膜によって形成している。SiON 膜を使用することによって、上記したトリミング工程を適切に行うことができる。

【 0 0 6 3 】

そして本発明では、図 2 に示すスライダバー 3 7 の記録媒体との対向面 2 7 をラップ加工しても、その際に前記ギャップ層 1 8 が前記記録媒体との対向面 2 7 から突き出しにくくなり、図 1 に示す薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 を記録媒体上

に浮上させているときに、前記薄膜磁気ヘッドスライダ 3 6 が記録媒体上に衝突するのを極力防止できる。

【 0 0 6 4 】

ギャップ層 1 8 として使用した SiON 膜は、 SiO_2 膜に比べて弾性率が高いために図 2 に示すスライダバー 3 7 の記録媒体との対向面 2 7 をラップ加工している最中、前記ギャップ層 1 8 が、前記対向面からハイト方向（図示 Y 方向）に押し込まれ難くなり、よって前記ギャップ層 1 8 の前記対向面も適切に削られる。そして前記ラップ加工を終了すると、前記ギャップ層の復元力は従来に比べて小さいために、前記ギャップ層 1 8 の前記対向面からの突き出し量を従来に比べて小さくすることができる。

【 0 0 6 5 】

従来のようにギャップ層として、 Ta_2O_5 膜を使用した場合には前記対向面からの突き出し量は 6 nm 程度、 SiO_2 膜を使用した場合には、前記対向面からの突き出し量は 3.5 nm 程度、あるいはそれよりも大きかったが、本発明によれば前記突き出し量を 3.5 nm よりも小さくでき、好ましくは 3.0 nm 以下に抑えることが可能である。

【 0 0 6 6 】

なお本発明では、上記した突き出し量を従来に比べて小さくするために、前記ギャップ層 1 8 のヤング率 E の値を調整している。本発明では、前記ギャップ層 1 8 のヤング率 E は、123.2 (GPa) よりも大きい ($E > 123.2$ (GPa)) ことが好ましい。前記ヤング率 E が 123.2 (GPa) よりも大きいと、前記ギャップ層 1 8 の記録媒体との対向面からの突き出し量を 3.5 nm よりも小さく抑えることができる。

【 0 0 6 7 】

なお上記ヤング率 E を得るには、前記 SiON 膜の N の原子%は、0 (at%) $< \text{N 原子}\% \leq 6$ (at%) であることが好ましい。

【 0 0 6 8 】

また本発明では、前記ギャップ層 1 8 のヤング率 E は、 $E \geq 127.4$ (GPa) であることがより好ましい。前記ヤング率 E が 127.4 (GPa) 以上で

あると、前記ギャップ層18の記録媒体との対向面からの突き出し量を3.0nm以下に抑えることができる。なお上記ヤング率Eを得るには、前記SiON膜のNの原子%は、 $1(\text{at}\%) \leq \text{N原子}\% \leq 6(\text{at}\%)$ であることが好ましい。

【0069】

また前記SiON膜は、従来からギャップ層18として使用されているSiO₂膜に比べてそれほど絶縁耐圧は低下せず、十分にギャップ層18として使用可能である。

【0070】

次に本発明では、前記ギャップ層18を従来と同様にSiO₂膜で形成することも可能である。ただしこの場合には、前記ギャップ層18のヤング率Eを、 $123.2(\text{GPa})$ よりも大きくする($E > 123.2(\text{GPa})$)という条件が付される。

【0071】

従来では、前記ギャップ層18を、Ta₂O₅膜で形成した場合、そのヤング率Eは $113.9(\text{GPa})$ 程度、SiO₂膜で形成した際、前記ギャップ層18のヤング率Eは、 $123.2(\text{GPa})$ 以下であったが、本発明では後述する製造方法を用いることで、ギャップ層18にSiO₂膜を使用しても前記ギャップ層18のヤング率Eを、 $123.2(\text{GPa})$ よりも大きくすることが可能になるのである。

【0072】

なお前記ギャップ層18のヤング率Eを、 $123.2(\text{GPa})$ よりも大きくすることで、前記ギャップ層18の記録媒体との対向面からの突き出し量を3.5nmよりも小さくすることが可能である。

【0073】

また本発明では、前記ギャップ層18のヤング率Eは、 $E \geq 127.4(\text{GPa})$ であることが好ましい。これによって前記ギャップ層18の前記対向面からの突き出し量を3.0nm以下に抑えることが可能である。

【0074】

以上のように本発明では、ギャップ層 18 に SiON 膜を使用することで、あるいは 123.2 (GPa) よりも大きいヤング率 E を有する SiO₂ 膜を使用することで、前記ギャップ層 18 の記録媒体との対向面からの突き出し量を従来に比べて小さくすることが可能である。

【0075】

したがって今後の高記録密度化において、薄膜磁気ヘッドスライダ 36 と記録媒体間の浮上量が小さくなっても、前記ギャップ層 18 の突き出しによって前記スライダ 36 が記録媒体に衝突し難くなり、前記薄膜磁気ヘッドスライダ 36 及び記録媒体への損傷を防止することが可能である。よって本発明では安全性・信頼性の高い薄膜磁気ヘッドを提供することができる。

【0076】

なお上記では、インダクティブヘッド h2 のギャップ層 18 を中心として説明したが、本発明は、MR ヘッド h1 に形成される下部ギャップ層 12 及び／または上部ギャップ層 16 にも適用可能である。

【0077】

またギャップ層以外の層で、従来から SiO₂ 膜を使用し、前記層が記録媒体との対向面に露出形成されている場合には、前記層に対して本発明を適用することが、前記層の記録媒体との対向面からの突き出しを抑制できて好ましい。

【0078】

また本発明では、スライダが記録媒体上で浮上して、記録・再生を行う薄膜磁気ヘッド装置に、本発明を適用することが特に好ましく、本発明の適用によって、前記スライダの記録媒体への衝突を回避することが可能になる。このため浮上型の薄膜磁気ヘッド装置であれば、ハードディスク装置内に搭載される前記薄膜磁気ヘッド装置に限らず、光薄膜磁気ヘッド装置等への適用が可能である。

【0079】

次に本発明における薄膜磁気ヘッドの製造方法について以下に説明する。図 5 は本発明における薄膜磁気ヘッドを製造するために使用されるスパッタ装置の内部構造である。

【0080】

図5に示すように、スパッタ装置50のチャンバー51内には、ターゲット52を取り付けるための電極部53と、前記ターゲット52と対向する位置に、基板保持部53とが設けられている。なお前記基板保持部53上には、基板54が設けられている。

【0081】

なお本発明では、図5に示す電極部53内に、磁石が設けられて成るマグネトロンスパッタ装置であってもよい。

【0082】

図5に示すように、前記チャンバー51内には、ガス導入口55、56と、ガス排気口57とが設けられており、前記ガス導入口55、56から N_2 、Arが導入される。なお符号58はシャッターである。

【0083】

前記電極部53に、高周波電源(RF電源)59から高周波が印加されることにより、電場と磁場の相互作用により、マグネatron放電が発生し、前記ターゲット52がスパッタされ、前記ターゲット52と対向する位置に配置された基板54上に、薄膜が成膜されていく。

【0084】

本発明では、図3及び図4に示すギャップ層18を図5に示すスパッタ装置で成膜する際、前記ターゲット52に SiO_2 からなるターゲットを使用する。さらに上記したように、前記ガス導入口55、56からは、スパッタガスとして N_2 、Arを導入する。

【0085】

本発明では SiO_2 ターゲットを使用し、スパッタガスの一つとして N_2 ガスを導入することで、前記ギャップ層18を $SiON$ 膜により形成することができる。

【0086】

なお本発明では、前記スパッタガス($N_2 + Ar$)に占める前記 N_2 ガスの流量比は、 $0\% < N_2 \text{ガス流量比} \leq 30\%$ であることが好ましい。これによって $SiON$ 膜のNの原子%を0(at%)より大きくすることができ、このとき前記ギ

ギャップ層 18 のヤング率 E は、 123.2 (GPa) より大きくなる。また好ましくは、SiON 膜の N の原子% を 1 (at%) 以上にすることができ、このとき前記ギャップ層 18 のヤング率 E は、 127.4 (GPa) 以上となる。これは、前記スパッタガス中に占める前記 N_2 ガスの流量比を 5% 以上にすることで達成することができる。

【0087】

また本発明では図 5 に示すように、基板保持部 53 には、高周波電源 (RF 電源) 60 が接続されており、この高周波電源 60 から前記基板保持部 53 に高周波が印加される。

【0088】

このように本発明では、前記ギャップ層 18 の形成のとき、前記基板側にバイアス (RF バイアス) 電力を供給することが好ましく、これによって SiON 膜のヤング率 E を向上させることが可能である。

【0089】

バイアス電力を供給しながらギャップ層 18 を形成することでヤング率 E を向上させることができるのは、SiON 膜の原子配列が最密化方向に向かうためであると考えられる。最密化方向、すなわち各原子間の距離が縮められることにより、SiON 膜は弾性率を増し、ヤング率 E が向上する。

【0090】

なお本発明では、前記バイアス電力は 0 W (ワット) より大きくすればよい。すなわち本発明によれば前記バイアス電力を自由に設定ができる。

【0091】

また本発明では、ギャップ層 18 を SiO_2 膜によって形成することができるが、ただしこのとき前記ギャップ層 18 のヤング率 E を、 123.2 (GPa) より大きくする必要があることを既に述べた。本発明では、前記ギャップ層 18 のヤング率 E を 123.2 (GPa) より大きくするには、前記ギャップ層 18 の形成の際、前記基板側にバイアス電力を供給する必要がある。

【0092】

このように基板側にバイアス電力を供給しながら SiO_2 膜を成膜すると、前

記バイアス電力を供給せずに成膜した場合に比べて、ヤング率Eを向上させることが可能であり、具体的には前記ヤング率を123.2 (GPa) より大きくすることが可能である。なおその理由については上述した通りである。

【0093】

なお本発明では、前記バイアス電力は0Wより大きければよい。これによって前記SiO₂膜のヤング率Eを、123.2 (GPa) より大きくすることが可能である。

【0094】

また本発明では、前記バイアス電力は10W以上であることがより好ましい。これによって前記SiO₂膜のヤング率Eを、127.4 (GPa) 以上にすることが可能である。

【0095】

以上のように本発明では、ギャップ層18をSiON膜で形成するときに、従来、SiO₂膜を成膜する際に用いていたSiO₂ターゲットをそのまま使用でき、そしてスパッタガスとしてN₂ガスを混合させるだけで、上記SiON膜を成膜することが可能である。

【0096】

よって本発明では、従来に比べて製造方法が煩雑化することなく容易にSiON膜を成膜でき、また再現性も良好である。

【0097】

またN₂ガスの流量比、及びバイアス電力を自由に設定できるために、ガス圧・電力の制御等が行いやすい。

【0098】

また本発明では、ギャップ層18をSiO₂膜で形成することができ、ただこの場合、前記SiO₂膜のヤング率Eを123.2 (GPa) より大きくする必要があるが、前記ヤング率Eの調整を、基板側にバイアス電力を供給するだけで行うことができ、容易にしかも再現性良く上記ヤング率Eを有するSiO₂膜を成膜できる。

【0099】

【実施例】

図6は、SiON膜中に占めるNの原子%と前記SiON膜のヤング率Eとの関係を示すグラフである。なおヤング率Eはマイクロビッカス法によって測定した。以下に説明する他の実験においても同じである。

【0100】

図6に示すように、SiON膜中のN量（原子%）が増えるにしたがってヤング率Eは上昇していくことがわかる。なおNが全く含有されていない、すなわちSiO₂膜のヤング率Eは、123.2（GPa）であった。

【0101】

次に実際に上記の実験で使用したSiON膜をインダクティブヘッドのギャップ層として使用し、前記インダクティブヘッドの記録媒体との対向面にラップ加工を施した後、前記ギャップ層（SiON膜）のヤング率Eと、前記対向面から突き出すギャップ層の突き出し量との関係について調べた。

【0102】

なお実験で使用したSiON膜は、N原子%が1（at%）、2（at%）及び4（at%）であり、また成膜の際にはバイアス電力を与えていない。また比較例としてTa₂O₅膜及びSiO₂膜についても実験を試みた。いずれにおいても成膜の際、バイアス電力を与えていない。その実験結果を図7に示す。

【0103】

図7に示すように、ヤング率Eが上昇していくと、前記突き出し量は低下していくことがわかる。ここで、Ta₂O₅膜のヤング率Eは約113.9（GPa）で、その突き出し量は6.0nm程度である。またSiO₂膜のヤング率Eは上記したように、123.2（GPa）であり、このときの突き出し量を測定すると、前記突き出し量は3.5nmである。

【0104】

この実験結果により本発明では前記突き出し量が3.5nmよりも小さいことが好ましいとし、このときのヤング率Eは、123.2（GPa）よりも大きい値である。

【0105】

前記した図6を参照すると、SiON膜であれば、Nの原子%が0よりも大きければ、123.2 (GPa) よりも大きいヤング率Eを得られることから、SiON膜中に占めるNの原子%を0 (at %) よりも大きいとした。

【0106】

またN原子%の上限であるが、本発明では前記Nの原子%の上限を6 (at %) とした。これは6 (at %) を越えるとヤング率Eが低下し、127.4 (GPa) を下回るからである。

【0107】

また図7に示すように、ヤング率Eを127.4 (GPa) 以上にすれば、確実に前記ギャップ層の突き出し量を3.0 nm以下に抑えることができる。よって本発明では前記ヤング率Eの好ましい範囲として、127.4 (GPa) 以上であると規定した。

【0108】

なおヤング率Eが127.4 (GPa) 以上である場合、図6に示すようにSiON膜中に占めるN元素の原子%は1.0 (at %) 以上であることがわかる。

【0109】

次にSiON膜を成膜する際に、スパッタ装置内に導入するスパッタガス (Ar と N_2) 中に占める N_2 ガスの流量比と、その流量比によって形成されたSiON膜のヤング率Eとの関係について調べた。その実験結果を図8に示す。

【0110】

図8に示すように、 N_2 ガスの流量比を0%よりも大きくすれば、SiON膜のヤング率Eを123.2 (GPa) よりも大きくできることがわかる。したがって本発明ではスパッタガス中に占める N_2 ガスの流量比を0%よりも大きいとした。なお前記 N_2 ガスの流量比の最大値を30%とした。これは図8に示すように少なくとも前記 N_2 ガスの流量比を30%以下にすれば、より好ましいヤング率Eの値である、127.4 (GPa) 以上のヤング率Eを得られるからである。

【0111】

また前記ギャップ層のヤング率 E を127.4 (GPa) 以上にするには、スパッタガス中に占める N_2 ガスの流量比を5%以上にすればよいことがわかる。

【0112】

次に、SiON膜、及び SiO_2 膜を成膜する際に、基板側にRfバイアス電力を供給しながら各膜をスパッタ成膜した。なお実験に使用した各SiON膜に占めるN元素の原子%はほぼ1at%に統一されている。実験結果を図9に示す。

【0113】

図9に示すように、SiON膜の成膜の際、基板側にRfバイアス電力を供給しながら行うことで、前記SiON膜のヤング率 E を、バイアス電力を供給しない場合(=0W)に比べて上昇させることができる。とわかる。

【0114】

また SiO_2 膜の成膜時に、基板側にバイアス電力を供給すると、 SiO_2 膜のヤング率 E を上昇させることができる。とわかった。すなわち今回の実験から、従来から一般的にギャップ層として使用されていた SiO_2 膜を使用する場合でも、成膜時にバイアス電力を供給すれば、前記 SiO_2 膜のヤング率 E を上昇させることができ、具体的には123.2 (GPa) より大きいヤング率 E を得ることができ、このような SiO_2 膜をギャップ層として使用しても、前記ギャップ層の記録媒体との対向面からの突き出し量を従来に比べて小さくでき、具体的には3.5nmよりも小さく抑えることが可能である。

【0115】

また図9に示すように、Rfバイアス電力を、10W以上にした場合には、 SiO_2 膜のヤング率 E を少なくとも127.4 (GPa) 以上にでき、このときの SiO_2 膜をギャップ層として使用すれば、前記ギャップ層の突き出し量を3.0nm以下に抑えることができる。

【0116】

図10は、Rfバイアス電力と前記バイアス電力を供給しながら成膜されたSiON膜及び SiO_2 膜の絶縁耐圧との関係を示すグラフである。

【0117】

図 1 0 に示すように、 SiON 膜の場合、 SiO_2 膜に比べて絶縁耐圧が減少するものの、ギャップ層として使用する上で必要な絶縁耐圧を満たしている。

【0 1 1 8】

またバイアス電力が 1 0 W のときは、 SiON 膜と SiO_2 膜との絶縁耐圧はほとんど同じであり、双方の膜ともに良好な絶縁耐圧を維持していることがわかる。

【0 1 1 9】

【発明の効果】

以上詳述した本発明によれば、インダクティブヘッドにおけるギャップ層に SiON 膜を使用することで、前記ギャップ層の弾性率を高め、これによって前記インダクティブヘッドの記録媒体との対向面をラップ加工している最中、前記ギャップ層が前記対向面よりもハイト方向に押し込まれ難くなり、他の層と同様に前記ギャップを適切に削ることができ、前記対向面からの前記ギャップ層の突き出し量を従来に比べて小さくすることができる。

【0 1 2 0】

あるいは本発明では、1 2 3 . 2 (GPa) よりも大きいヤング率 E を有する SiO_2 膜をギャップ層として使用しても良く、これによって前記 SiO_2 膜の弾性率を高め、前記対向面からのギャップ層の突き出し量を従来に比べて小さくすることができる。

【0 1 2 1】

このようにギャップ層の突き出し量の小さい薄膜磁気ヘッドを使用すれば、薄膜磁気ヘッドスライダが記録媒体上で浮上しているとき、前記薄膜磁気ヘッドスライダと記録媒体間の浮上量が小さくなっても、前記薄膜磁気ヘッドスライダが記録媒体に衝突する危険性は低くなり、安全性の高い薄膜磁気ヘッドを提供することができる。

【0 1 2 2】

また本発明の製造方法によれば、従来からギャップ層の成膜時に使用されていた SiO_2 ターゲットを使用し、スパッタガスとして N_2 ガスをを用いるのみで、 SiON 膜を成膜できるので、従来に比べて製造工程が煩雑化することはなく、容

易に前記ギャップ層を成膜でき、しかも再現性にも優れている。

【0123】

またギャップ層として SiO_2 膜を使用する場合には、基板側にバイアス電力を供給するだけで、前記ギャップ層のヤング率を従来よりも高めることができ、容易にギャップ層の突き出し難い薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0124】

なお本発明では、再生用のMRヘッドに使用されているギャップ層に本発明を適用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明における薄膜磁気ヘッドスライダの部分斜視図、

【図2】

本発明におけるスライダバーの部分斜視図、

【図3】

本発明の実施形態の構造を示す薄膜磁気ヘッドの拡大断面図、

【図4】

図3に示す4-4線から切断した薄膜磁気ヘッドの部分縦断面図、

【図5】

本発明におけるスパッタ装置の内部構造を示す部分構造図、

【図6】

SiON 膜中に占めるN量(at%)とヤング率Eとの関係を示すグラフ、

【図7】

SiON 膜あるいは SiO 膜のヤング率Eと、前記各膜をギャップ層として使用し、記録媒体との対向面をラップ加工した場合の、前記ギャップ層の突き出し量との関係を示すグラフ、

【図8】

スパッタガス中に占める N_2 ガスの流量比(%)と、 SiON 膜のヤング率Eとの関係を示すグラフ、

【図9】

S i O N 膜及び S i O₂ 膜を成膜する際の R f バイアス電力と、前記各膜のヤング率 E との関係を示すグラフ、

【図 1 0】

S i O N 膜及び S i O₂ 膜を成膜する際の R f バイアス電力と、前記各膜の絶縁耐圧との関係を示すグラフ、

【図 1 1】

従来の薄膜磁気ヘッドの構造を示す拡大断面図、

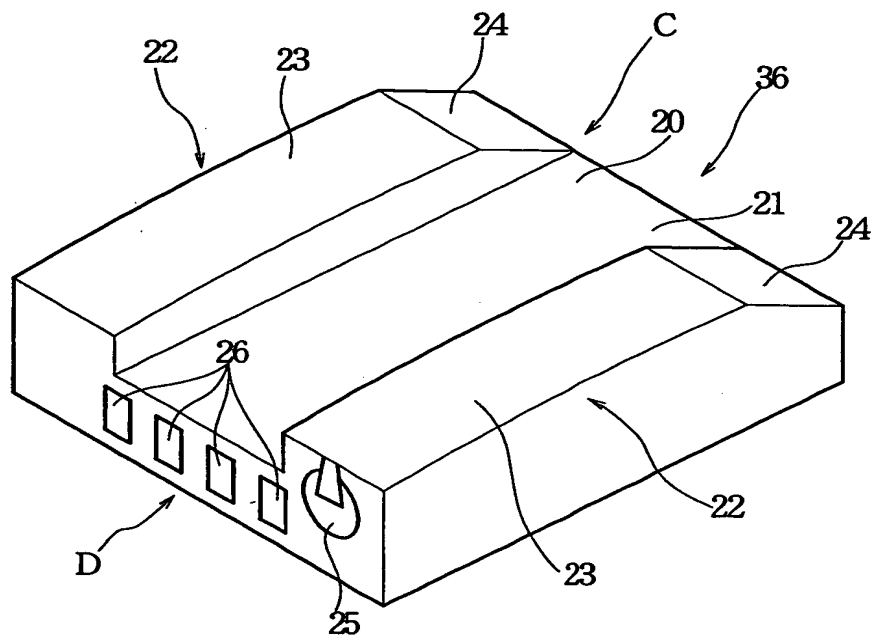
【符号の説明】

- 1 2 下部ギャップ層
- 1 3 磁気抵抗効果素子
- 1 6 上部ギャップ層
- 1 7 下部コア層
- 1 8 ギャップ層
- 4 2 上部コア層
- 5 3 基板保持部
- 5 4 基板
- 6 0 高周波電源 (R F 電源)

【書類名】 図面

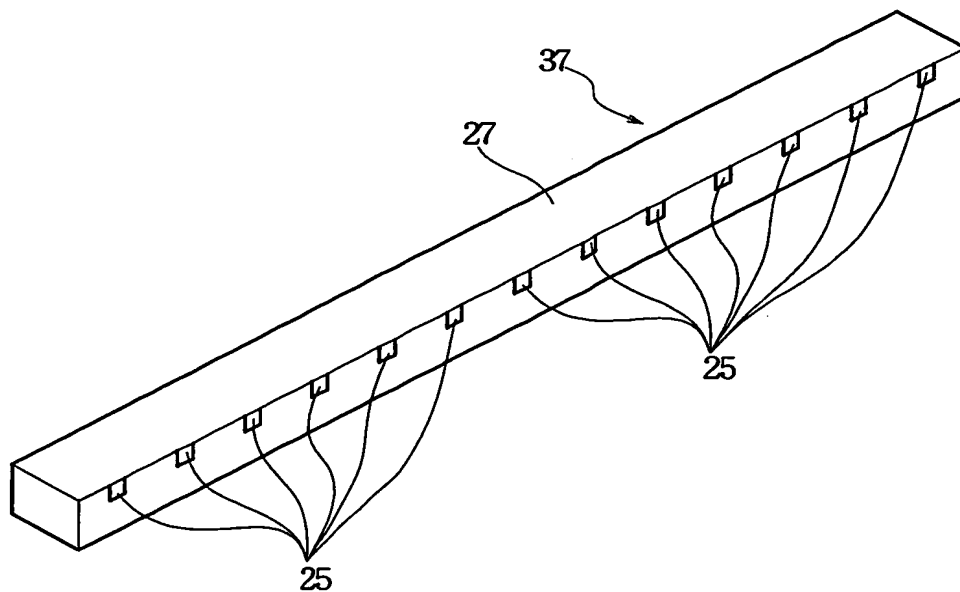
【図 1】

図 1



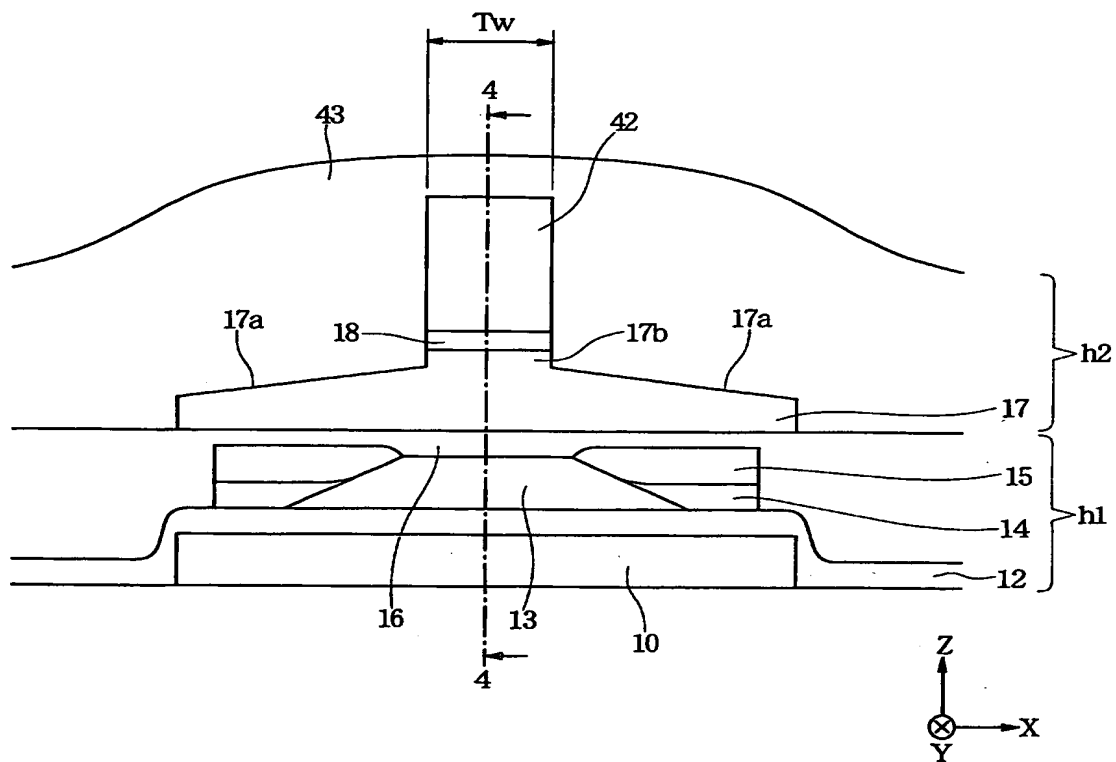
【図 2】

図 2



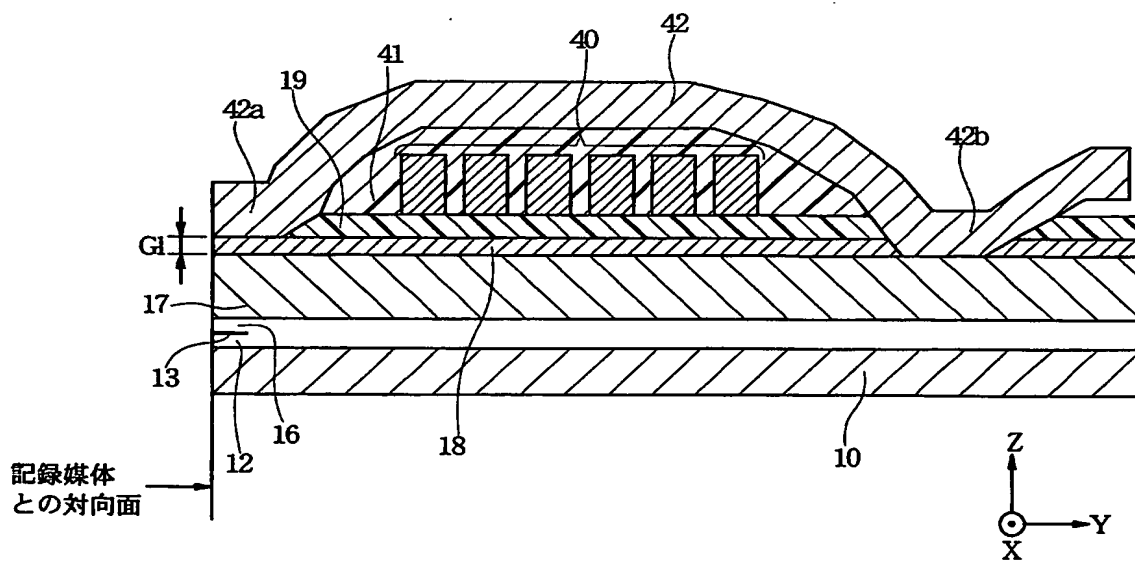
【図 3】

図 3

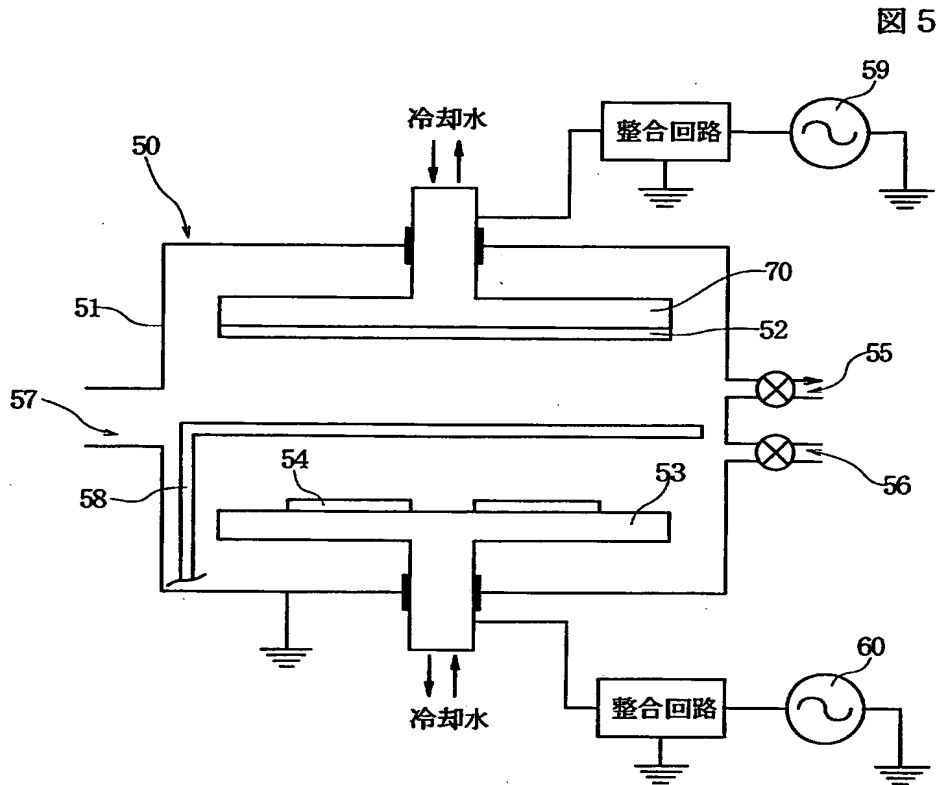


【図 4】

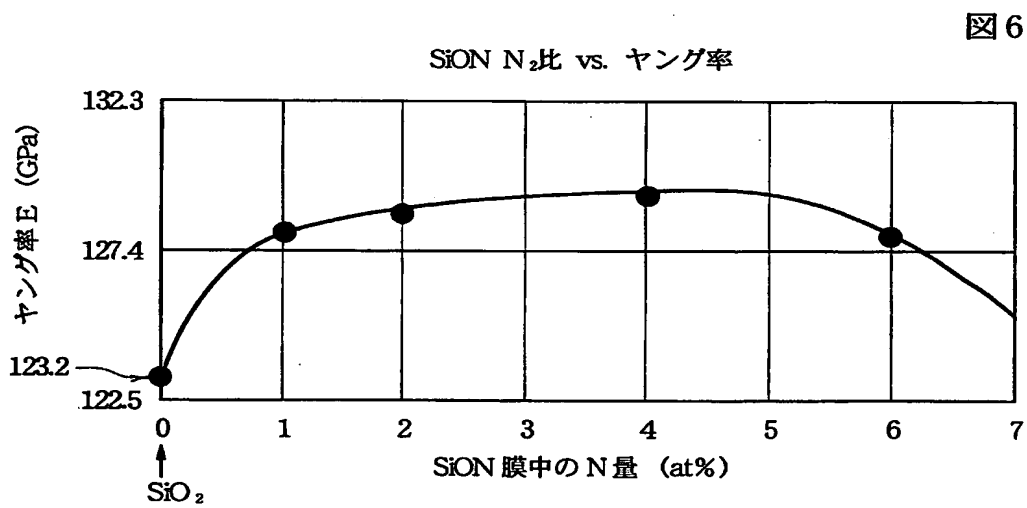
図 4



【図5】



【図6】



【図 7】

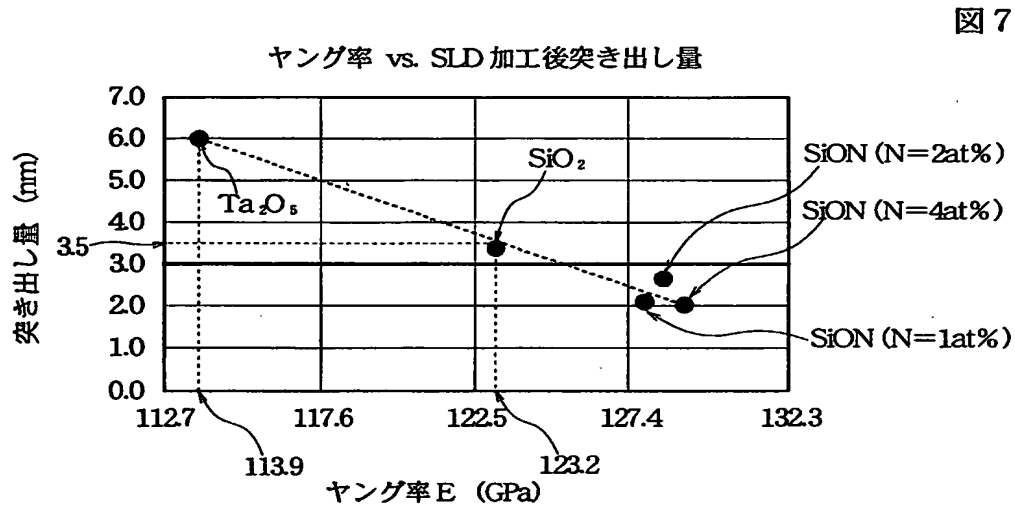


図 7

【図 8】

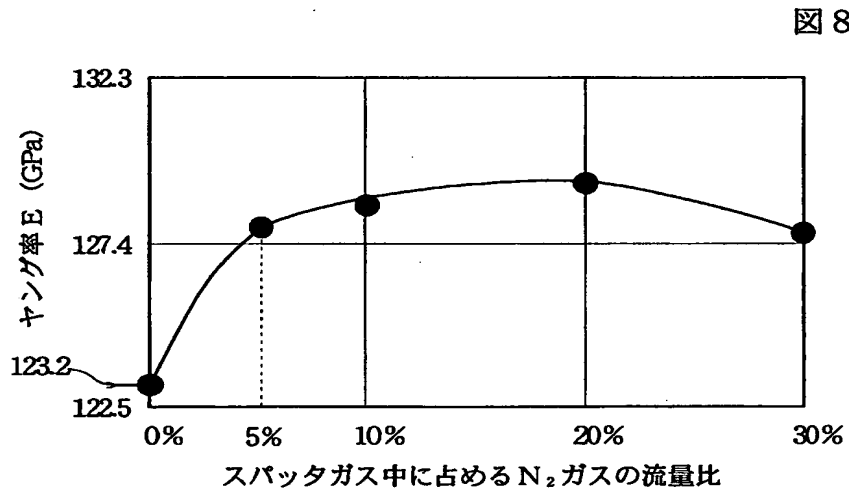
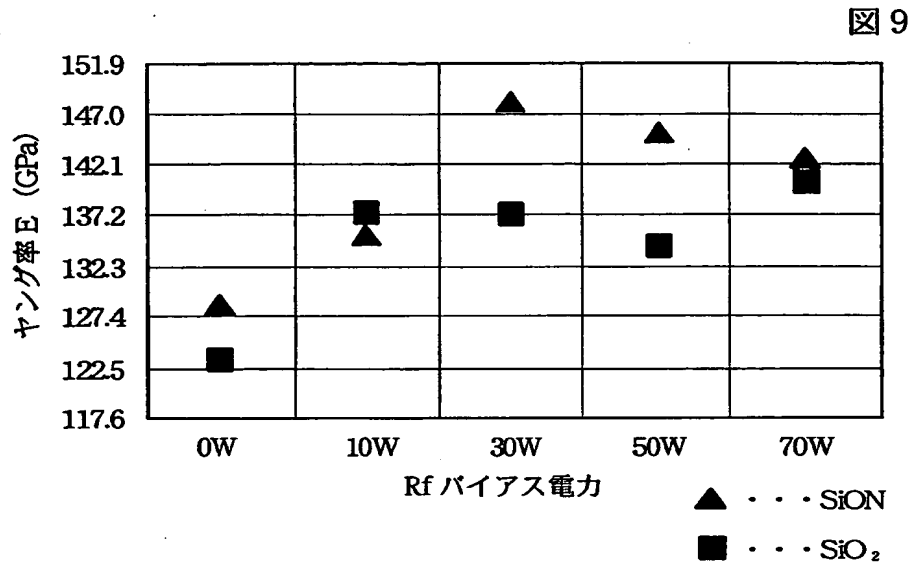
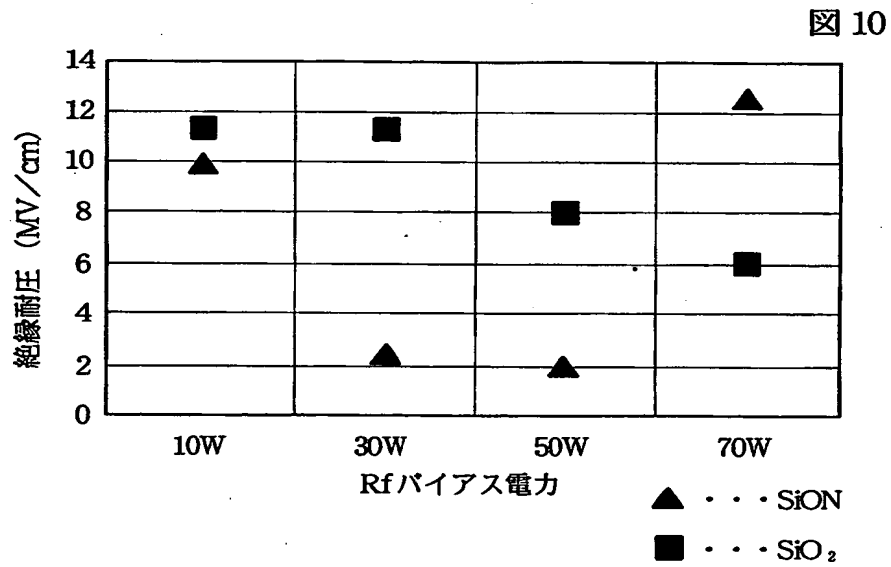


図 8

【図 9】

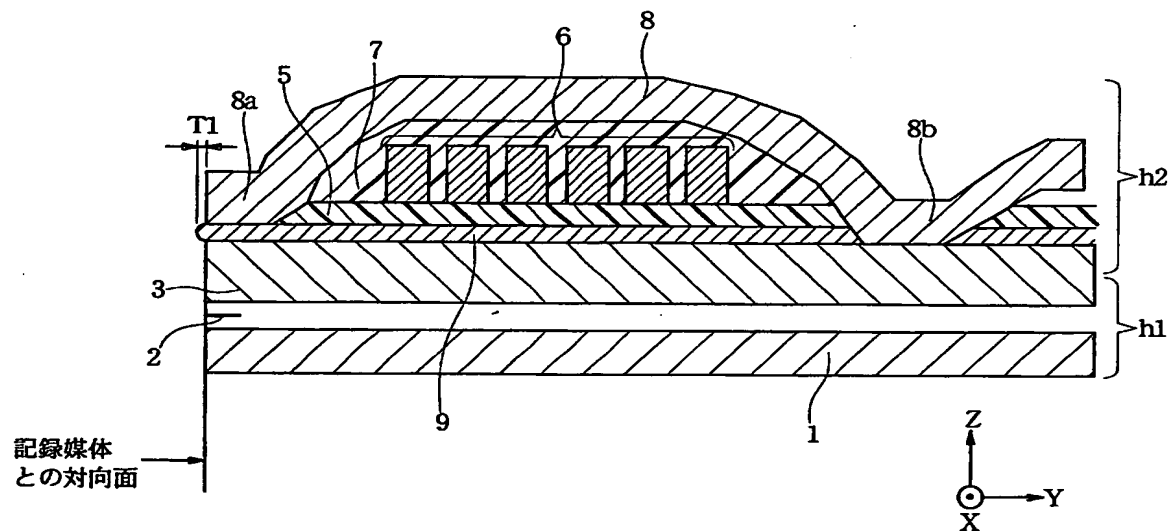


【図 10】



【図11】

図11



【書類名】 要約書

【要約】 従来では、ギャップ層として SiO_2 膜が使用されていたが、記録媒体との対向面をラップ加工した場合、前記 SiO_2 膜の弾性率が小さいために、前記ラップ加工が終了すると、前記対向面から前記ギャップ層が突き出すといった問題があり、これによって薄膜磁気ヘッドスライダが記録媒体に衝突する危険性が増す。

【解決手段】 ギャップ層 18 を、 SiON 膜で形成する。これによって前記ギャップ層 18 のヤング率 E を、123.2 (GPa) よりも大きくでき、この値は従来の SiO_2 膜のヤング率 E に比べて大きい。よって、記録媒体との対向面をラップ加工している最中、前記ギャップ層 18 が前記対向面からハイト方向に押し込まれ難く、前記ギャップ層 18 の前記対向面からの突き出し量を従来よりも小さくすることができる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名	アルプス電気株式会社